



**Tielaitos**

**Paristotyyppin ja ympäristön  
lämpötilan vaikutus  
varoitussvilkun toimintaan**

**Tielaitoksen  
selvityksiä**

**16/1991**

**Helsinki 1991**

**Tiehallitus  
Kehittämiskeskus**

Tielaitoksen selvityksiä  
16/1991

**Paristotyyppin ja ympäristön  
lämpötilan vaikutus  
varoitussvilkun toimintaan**

**Tielaitos**  
Tiehallitus, Kehittämiskeskus

Helsinki 1991

2. korjattu painos  
ISBN 951-47-4386-5  
ISSN 0788-3722  
TIEL 3200014  
Valtion painatuskeskus  
Pasilan VALTIMO  
Helsinki 1991

Julkaisua myy  
Tiehallitus, painotuotevarasto

**Tielaitos**

Tiehallitus  
Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puh. vaihde (90) 1541

## ALKULAUSE

Oheisessa raportissa on pyritty antamaan perustietoutta sekä paristokäyttöisten varoitusvilkkujen valmistajille että käyttäjille lähinnä siitä, miten paristokustannuksia voidaan pienentää ja miten eri paristotyypeistä aiheutuvia kustannuksia voidaan vertailla keskenään. Erityistä huomiota on kiinnitetty alhaisten lämpötilojen vaikutukseen.

Raportti pohjautuu tutkimuksiin ja mittauksiin /1/, /2/, /3/, /4/, /5/, jotka on suoritettu tiehallituksen kehittämiskeskuksen toimeksiannosta Tampereen teknillisen korkeakoulun sähkötekniikan valolaboratoriossa professori Juhani Kärnän johdolla. Käytännön tutkimustyön on tehnyt tutkija Tapani Nurmi. Tilaajan puolesta työtä on valvonut diplomi-insinööri Esko Hyytiäinen ja insinööri Esko Tuhola.



## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	3
2	PARISTOKÄYTTÖINEN VAROITUSVILKKU	4
2.1	Toimintaperiaate	4
2.2	Valovoiman riippuvuus lamppujännitteestä	4
2.3	Pariston napajännitteen muuttuminen käytön aikana	5
2.4	Rajajännite	6
2.5	Pariston energia varoitusvilkkukäytössä	7
3	MITTAUKSET	8
4	ESIMERKKI MITTAUSTULOSTEN TULKINNASTA	9
5	JOHTOPÄÄTÖKSIÄ	11

---

## 1. JOHDANTO

Koska paristot näyttävät edelleenkin säilyttävän keskeisen asemansa varoitusvilkkujen ja -lyhtyjen virtalähteinä, on katsottu tarpeelliseksi tehdä yhteenveto lähinnä niistä perusasioista, joilla on merkitystä varoitusvilkkujen paristosta hyödyntämään energian määrään ja pariston valintaan sekä teknisessä että taloudellisessa mielessä.

Valoteknisten peruskäsitteiden /1/ ja laatuvaatimusten /7/ lisäksi, joita tässä raportissa ei käsitellä, paristokäyttöisen vilkun yleisten toimintaperiaatteiden tunteminen on välttämätöntä. Erityistä huomiota on kiinnitettävä sekä koneistossa että pariston sisäisessä resistanssissa syntyvien jännitehäviöiden vaikutukseen sekä käsitteeseen "rajajännite".

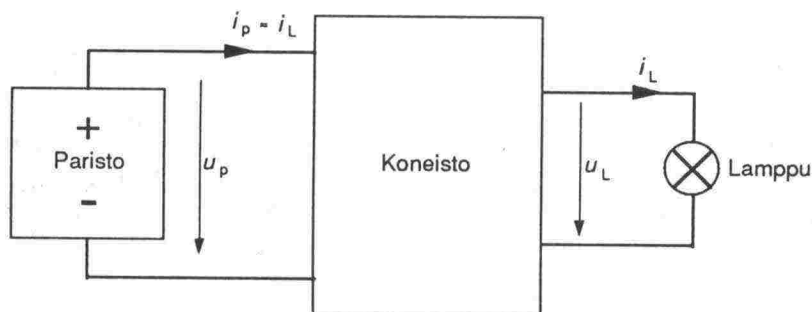
Paristokustannusten arvioiminen eikä myöskään paristojen keskinäinen teknis-taloudellinen vertailu ole mahdollista, jos paristojen käyttäytymistä vilkkukäytössä eri toimintalämpötiloissa ei tunneta. Tärkeimpiä ominaisuuksia ovat pariston napajännitteen muuttuminen kuormitusajan funktiona sekä paristosta otetun energian ja napajännitteen välinen yhteys. Koska Suomessa näitä tietoja ei mitata vilkuille suoritettavien testimittauksien yhteydessä, tässä raportissa on käytetty lähteistä /2/ ja /3/ otettuja käyrästöjä.

On syytä erityisesti huomata, että pariston valmistajien paristoille ilmoittamat ampeerituntimäärät eivät sovi tähän tarkoitukseen, sillä ne poikkeavat sekä kuormitustavan että lämpötilan osalta niin huomattavasti vilkkukäytön olosuhteista.

## 2. PARISTOKÄYTTÖINEN VAROITUSVILKKU

### 2.1 Toimintaperiaate

Paristokäyttöisen hehkulampulla varustetun varoitusvilkun rakenne on periaatteessa kuvan 1 mukainen. Pariston napajännitettä on merkitty  $u_p$ :llä, paristosta otettua virtaa  $i_p$ :llä, lamppujännitettä  $u_L$ :llä ja lamppuvirtaa  $i_L$ :llä. Lamppujännite muodostuu tavallisesti vilkun toimintataajuudella olevista jännitepulsseista, joiden amplitudit ovat ainoastaan koneistossa syntyvää jännitehäviötä pariston napajännitettä pienempiä ja joiden pituus on vakio.



Kuva 1. Paristokäyttöisen varoitusvilkun periaatteellinen rakenne.

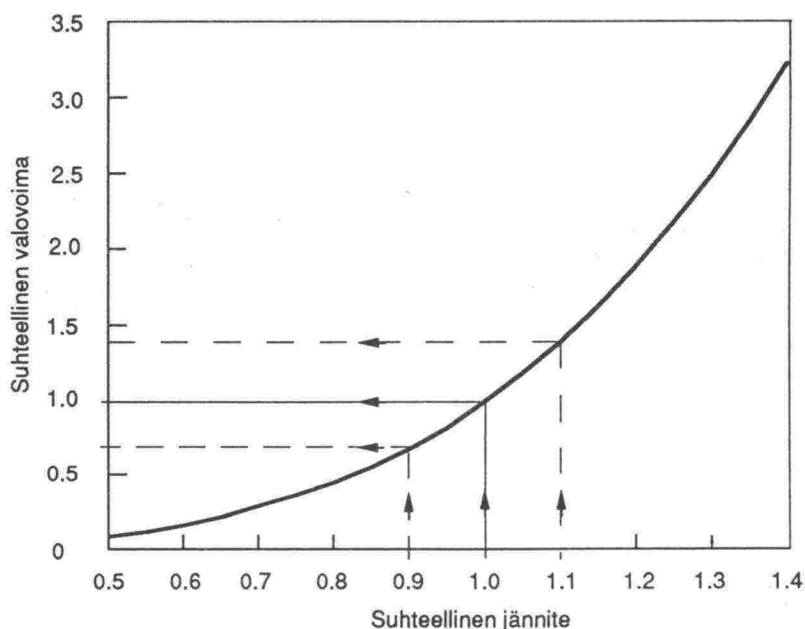
Pariston sisäisestä resistanssista puolestaan johtuu, ettei napajännitekään ( $u_p$ ) ole vakio. Aina kun lampulle tulee jännitepulssi, paristosta otetaan virtapulssi  $i_p$ , joka on likimain yhtäsuuri kuin lampulle menevä virtapulssi  $i_L$ . Tämä aiheuttaa pariston sisäisessä resistanssissa jännitehäviön pienentäen  $u_p$ :tä.

Koneisto voi rakenteeltaan olla myös niin sanottu vakiovaloimakoneisto, joka nimensä mukaisesti pyrkii pitämään varoitusvilkun tehollisen valovoiman /4/ vakiona riippumatta pariston napajännitteen suuruudesta. Tämä voi tapahtua joko siten, että lampulle syötettävien jännitepulssin pituus riippuu sopivalla tavalla pariston napajännitteestä tai siten, että lampulle menevän jännitepulssin aritmeettisen keskiarvon suuruus tehdään pariston napajännitteestä riippumattomaksi hakuriperiaatteella toimivan stabilointiyksikön avulla.

### 2.2 Valovoiman riippuvuus lamppujännitteestä

Hehkulamppupolttimolla varustetun varoitusvilkun valovoima riippuu pariston jännitteestä erittäin voimakkaasti. Asiaa havainnollistaa kuva 2, jossa on esitetty valovoiman riippuvuus jännitteestä. Sekä valovoima- että jänniteasteikko on esitetty suhteellisarvoina. Jännitteen mittayksikkönä on käytetty lampun nimellisjännitettä. Valovoiman mittayksikkönä on puolestaan käytetty valovoima-arvoa nimellisjännitteellä.

Kuvasta nähdään mm, että jo noin 10% alijännite pudottaa valovoiman noin 70%:iin alkuperäisestä arvosta. Vastaavasti 10%ylijännite nostaa valovoiman lähes 1,4 kertaseksi.

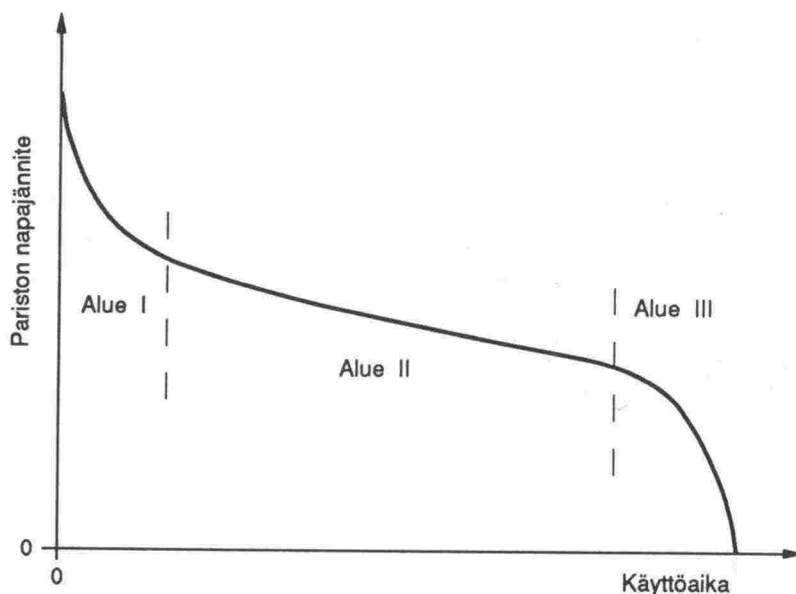


Kuva 2. Vilkun valovoiman riippuvuus pariston jännitteestä.

### 2.3 Pariston napajännitteen muuttuminen käytön aikana

Pariston napajännite pienenee vilkun toiminta-aikana periaatteessa kuvassa 3 esitetyllä tavalla.

Siinä on yleensä nähtävissä kolme erilaista aluetta: alue I, alue II ja alue III. Alueella I, joka tavallisesti kestää korkeintaan muutaman vuorokauden, napajännite pienenee nopeasti. Alueella II napajännitteen pieneneminen hidastuu oleellisesti. Kun pariston energia lähenee loppumista, napajännite pienenee jälleen nopeasti, ollaan alueella III.



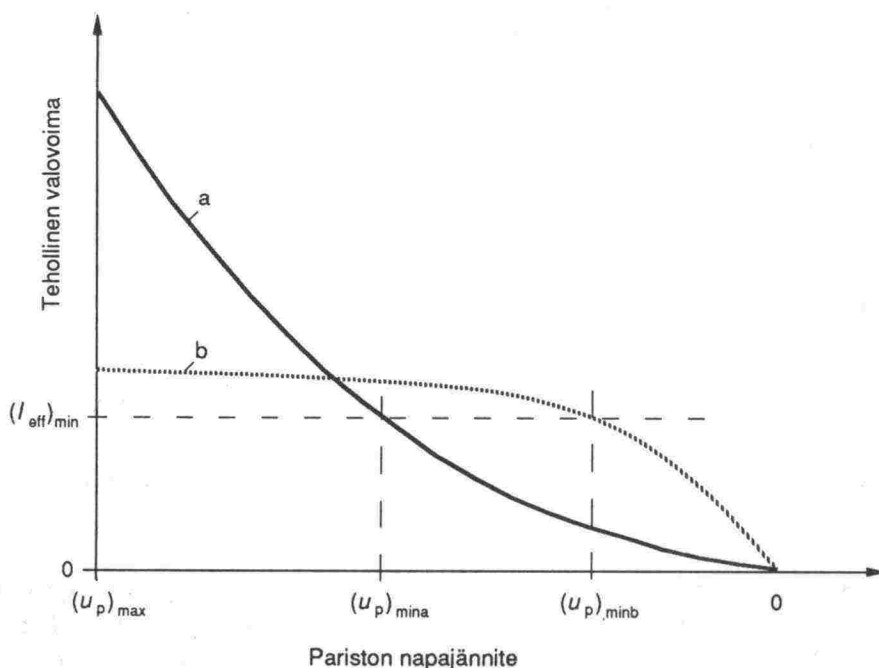
Kuva 3. Pariston napajännitteen ja toiminta-ajan välinen yhteys.

Samalla kun pariston jännite pienenee, pienenee myös vilkun valovoima, ellei kysymyksessä ole ns. vakiovaloimakoneisto.



## 2.4 Rajajännite

Riippumatta siitä, minkälainen koneistoratkaisu on käytössä, aina on olemassa jokin pariston napajännitteen arvo, ns. rajajännite, jota pienemmillä jännitearvoilla valopastimen valotekniset arvot eivät ole enää määräysten mukaiset. Rajajännitteen määrittämiseksi varoitusvilkulle on tehtävä laatuvaatimusten /6/ mukaiset valovoimamittaukset pariston napajännitteen funktiona. Riippuen vilkun koneiston toimintaperiaatteesta, päädytään kuvan 4 mukaisiin käyriin.



Kuva 4. Vilkun tehollisen valovoiman ja napajännitteen välinen yhteys  
 a) tavanomaisella koneistolla varustetussa vilkussa  
 b) vakiovalovoimakoneistolla varustetussa vilkussa  
 $(I_{eff})_{min}$  on pienin sallittu valovoima,  $(U_p)_{min}$  on ns. rajajännite.

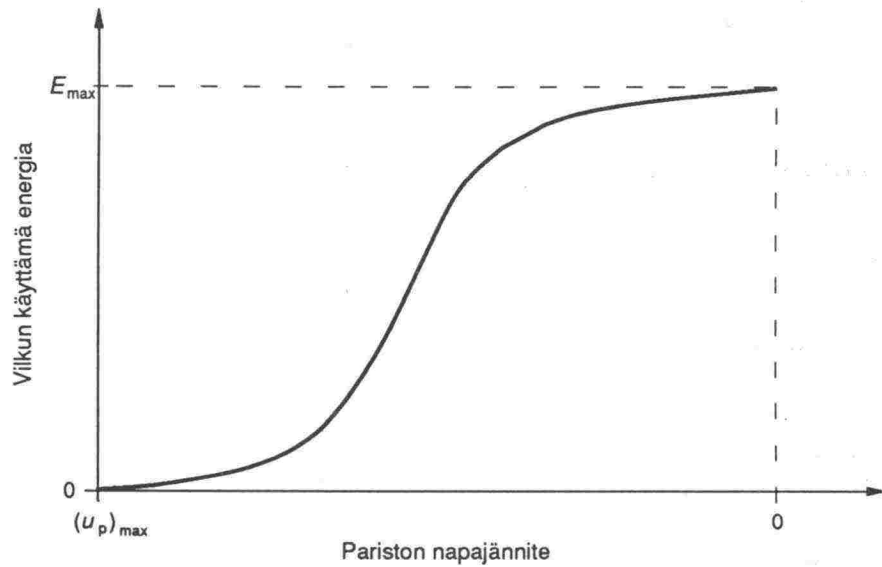
Ilman valovoiman säätöä olevissa vilkuissa valovoima riippuu yleensä hyvin voimakkaasti pariston napajännitteestä. Vakiovalovoimakoneistoissa valovoiman oleellinen pieneneminen tapahtuu yleensä vasta pienillä napajännitteen arvoilla.

Kun kuvan 4 käyriin valovoima-asteikolle merkitään laatuvaatimusten mukainen pienin sallittu valovoima-arvo  $(I_{eff})_{min}$ , jänniteasteikolta saadaan rajajännite  $(U_p)_{min}$ .

## 2.5 Pariston energia varoitusvilkkukäytössä

Vilkun käyttämän energian ( $E$ ) ja pariston napajännitteen ( $U_p$ ) välinen yhteys on esitetty kuvassa 5.  $E_{\max}$  on paristosta vilkkukäyttöä vastaavissa olosuhteissa saatavissa oleva energia,  $(U_p)_{\max}$  on uuden pariston napajännite.

Aluksi napajännite pienenee nopeasti, vaikka paristosta otettu energiamäärä pysyy pienenä. Ollaan kuvan 3 käyrässä alueella I. Tämän jälkeen paristosta voidaan ottaa energiaa napajännitteen pienenemisen ollessa kohtuullista. Toiminta tapahtuu kuvan 3 käyrän alueella II. Käyrän loppuosassa napajännitteen muutokset ovat suuria, vaikka paristosta otetaan energiaa hyvin vähän. Toiminta tapahtuu kuvan 3 käyrässä alueella III.



Kuva 5. Paristosta otetun energian ja pariston napajännitteen välinen yhteys.

### 3. MITTAUKSET

Liitteissä I...18 on esitetty eri paristolajeille ja paristotyypeille sekä pariston napajännitteen muuttuminen kuormitusajan funktiona että ampeerituntimäärät napajännitteen funktiona. Käyristä voidaan todeta:

- mittaukset on tehty lämpötiloissa +5°C, -10°C ja -20°C /2/, /3/
- esitetyt käyrät ovat usean mittauksen keskiarvokäyriä
- kuormituskokeita tehtäessä kuormitusjaksot on valittu Suomessa voimassa olevien varoitusvilkkuja koskevien laatuvaatimusten /7 / mukaisesti (16h päällä, 8h sammuksissa)
- kuormituskokeita ei ole tehty todellisilla vilkuilla vaan vilkkukäytöissä olevien lamppujen sähköisten arvojen perusteella on määritetty kullekin paristotyyppille kuormitusvastus, joka mahdollisimman hyvin vastaa kullekin paristolle sopivaa lamppua
- virtapulssien taajuus oli 1 Hz ja virtapulssin pituus 150 ms

Tutkimuksessa olleet paristot

IP 5	IP 26
AIRAM HP16P2/ 4R25	AIRAM TEHO-VILKKU 6 V/ 4R 20-7
DURACELL Alkaliparisto PC 908	DURACELL Alkaliparisto 402810
RENPOWER Ilma-alkaliparisto IP 5	RENPOWER Ilma-alkaliparisto IP 26

#### 4. ESIMERKKI MITTAUSTULOSTEN TULKINNASTA

Oletetaan, että vilkun nimellisjännite on 6V ja se on suunniteltu toimivan kahdella IP5 paristolla.

Kuinka kauan vilkku toimii Duracell-paristolla lämpötilassa

- a)  $+5^{\circ}\text{C}$
- b)  $-20^{\circ}\text{C}$

Miten tilanne muuttuu jos paristoksi valitaan AIRAMin paristo?

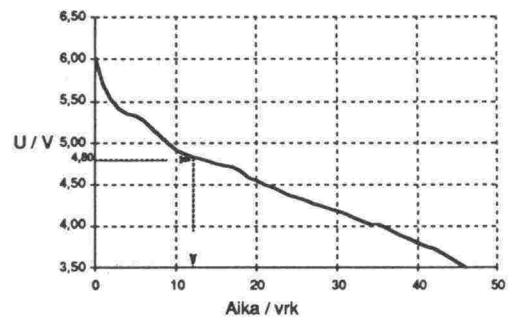
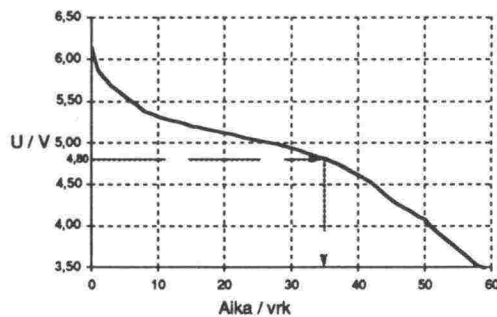
Tehtävää ratkaistaessa voidaan edetä seuraavasti:

Askel 1. Selvitetään vilkun rajajännite.

Varoitusvilkun rajajännite saadaan varoitusvilkulle suoritettu virallisesta koestusselostuksesta. Ellei tällaista tutkimusselostusta ole käytettävissä rajajännite voidaan määrittää kohdassa 2.4 esitetyllä tavalla. Kysymyksessä olevan tyyppiselle varoitusvilkulle tyypillinen rajajännite on n. 4.8V /4/.

Askel 2. Etsitään liitteistä ko. tapausta vastaavat mittaustulokset sekä merkitään näihin käyrästäöihin vilkun rajajännite.

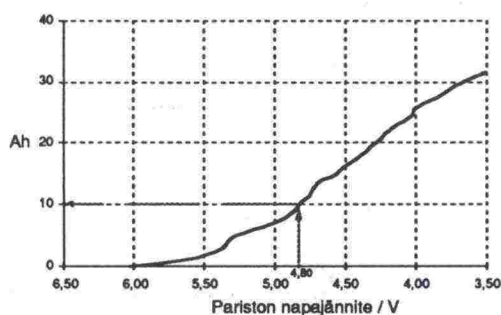
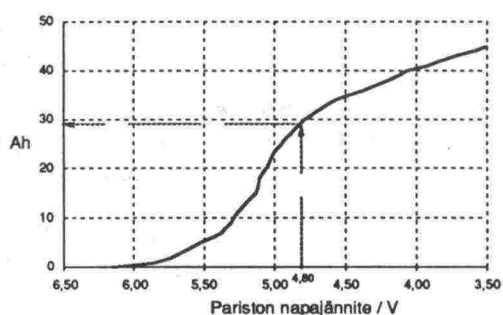
Kysymyksessä olevaa tapausta vastaavat käyrät on esitetty kuvissa 6 ja 7 (liitteet 3, 4, 15 ja 16), joihin myös rajajännite 4,8V on merkitty.



Kuva 6. a. Napajännitteen ja kuormitusajan välinen yhteys, lämpötila  $+5^{\circ}\text{C}$   
b. Napajännitteen ja kuormitusajan välinen yhteys, lämpötila  $-20^{\circ}\text{C}$



Askel 3. Kuvista 6a ja 6b nähdään, että vilkku toimii määräysten mukaisesti lämpötilassa  $+5^{\circ}\text{C}$  noin 35 vuorokautta ja lämpötilassa  $-20^{\circ}\text{C}$  vain noin 12 vuorokautta. Kuvista 7a ja 7b puolestaan nähdään, että paristosta on tällöin käytetty  $+5^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa noin 28 Ah ja ainoastaan 10 Ah lämpötilassa  $-20^{\circ}\text{C}$ .



Kuva 7. a.) Paristosta käytetyn energian ja napajännitteen välinen yhteys lämpötilassa  $+5^{\circ}\text{C}$   
 b.) Paristosta käytetyn energian ja napajännitteen välinen yhteys lämpötilassa  $-20^{\circ}\text{C}$

Jos paristolle AIRAM suoritetaan samanlainen tarkastelu, voidaan paristoja vertailla keskenään teknisessä mielessä. Jos lisäksi tiedetään paristojen hinnat, voidaan laskea hyödyksi käytettävissä olevan ampeeritunnin hinta kummallekin paristolle.

## 5. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

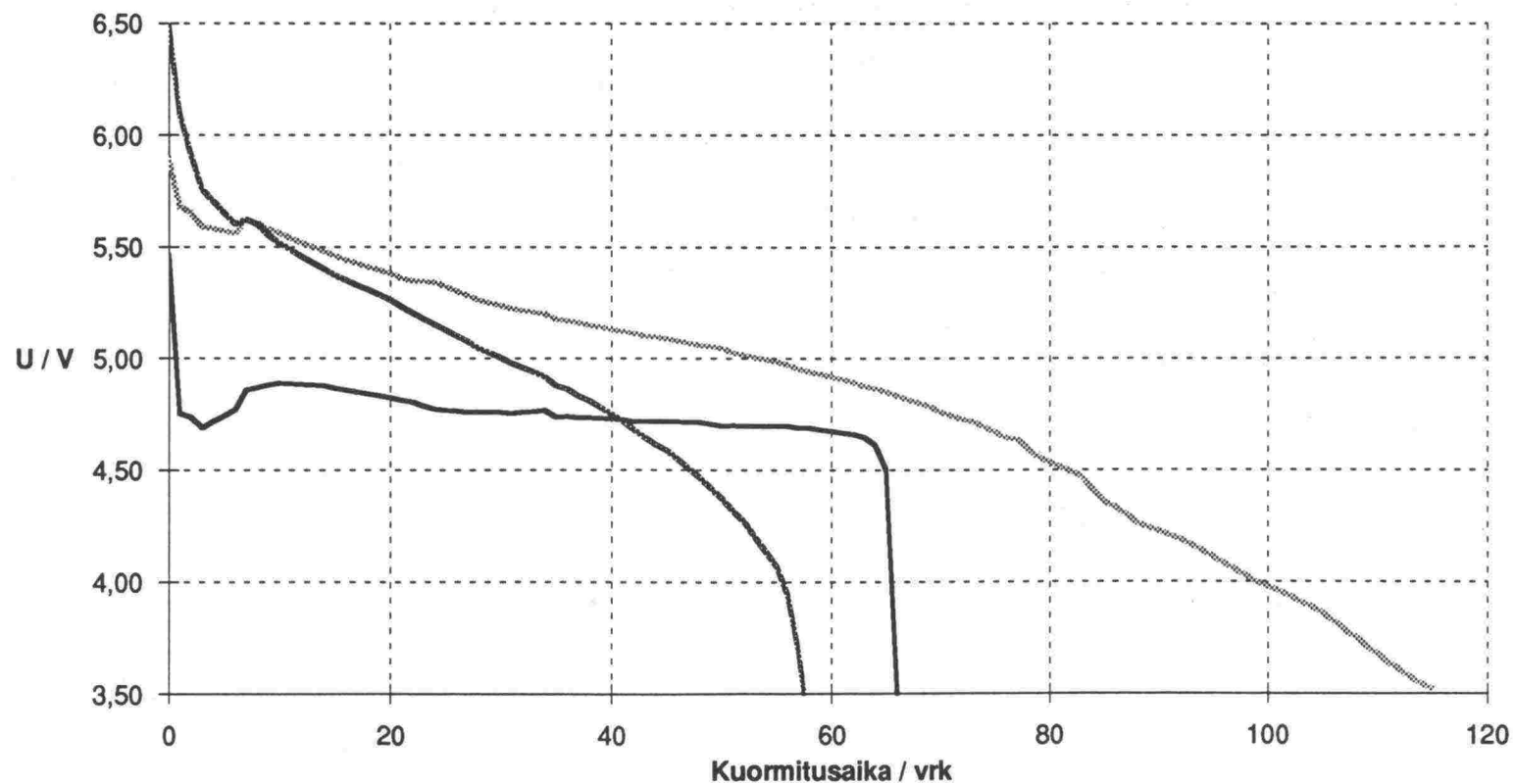
Peruslähtökohtana hyvälle varoitusvilkulle on:

- kaikki vilkusta lähtevä valo suuntautuu laatuvaatimusten mukaiselle alueelle laatuvaatimusten määrittelemällä tavalla
- lampun valon tuotto on mahdollisimman suuri ja että lamppu kestää yhtä kauan kuin paristokin
- vilkun rajajännitteen tulee olla alhainen, jotta pariston energia tulee hyödynnettyä hyvin
- koska varoitusvilkun toiminta ei ole laatusuosituksen mukainen sen jälkeen kun pariston napajännite on rajajännitettä pienempi, tulisi tämä näkyä vilkun toiminnasta esimerkiksi vilkkumistaajuuden muuttumisena
- jos varoitusvilku joutuu toimimaan alhaisissa lämpötiloissa, pariston valintaan tulee kiinnittää erityistä huomiota

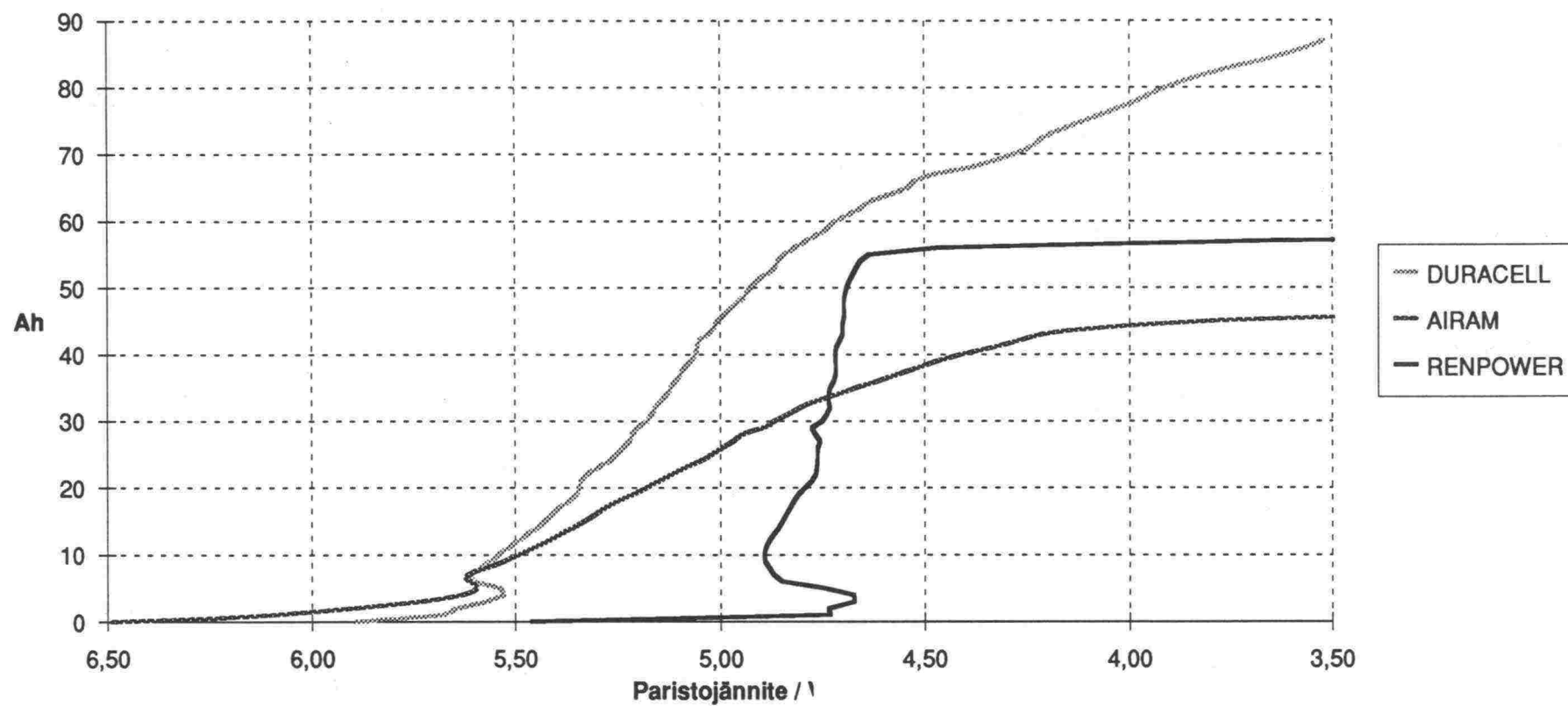
## VIITELUETTELO

- /1/ Varoitusvilkkujen valoteknisiä ominaisuuksia koskeva esitutkimus. Tutkimusraportti N:o 2102/89, Tampereen teknillinen korkeakoulu, 1989.
- /2/ Paristojen kuormituskokeita vilkkukäyttöä vastaavissa olosuhteissa. Ympäristön lämpötilat -20°C ja +5°C. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tutkimusraportti N:o 0103/90, 1990.
- /3/ Paristojen kuormituskokeita vilkkukäyttöä vastaavissa olosuhteissa. Ympäristön lämpötila -10°C, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tutkimusraportti N:o 1218/90, 1990.
- /4/ Varoitusvilkkujen rajajännitteet. Tutkimusselostus 1215/89, Tampereen teknillinen korkeakoulu, 1989.
- /5/ Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tutkimusselostus N:o SÄH 71817/6.11.1987.
- /6/ IES Lighting Handbook, Illuminating Engineering Society, Fifth Edition, 1972.
- /7/ Varoitusvilkkujen ja -lyhtyjen laatuvaatimukset, Tie- ja vesirakennushallitus, TVH 741808, Helsinki 1984.

Lämpötila: +5 °C  
Pariston tyyppi : IP26 6 V

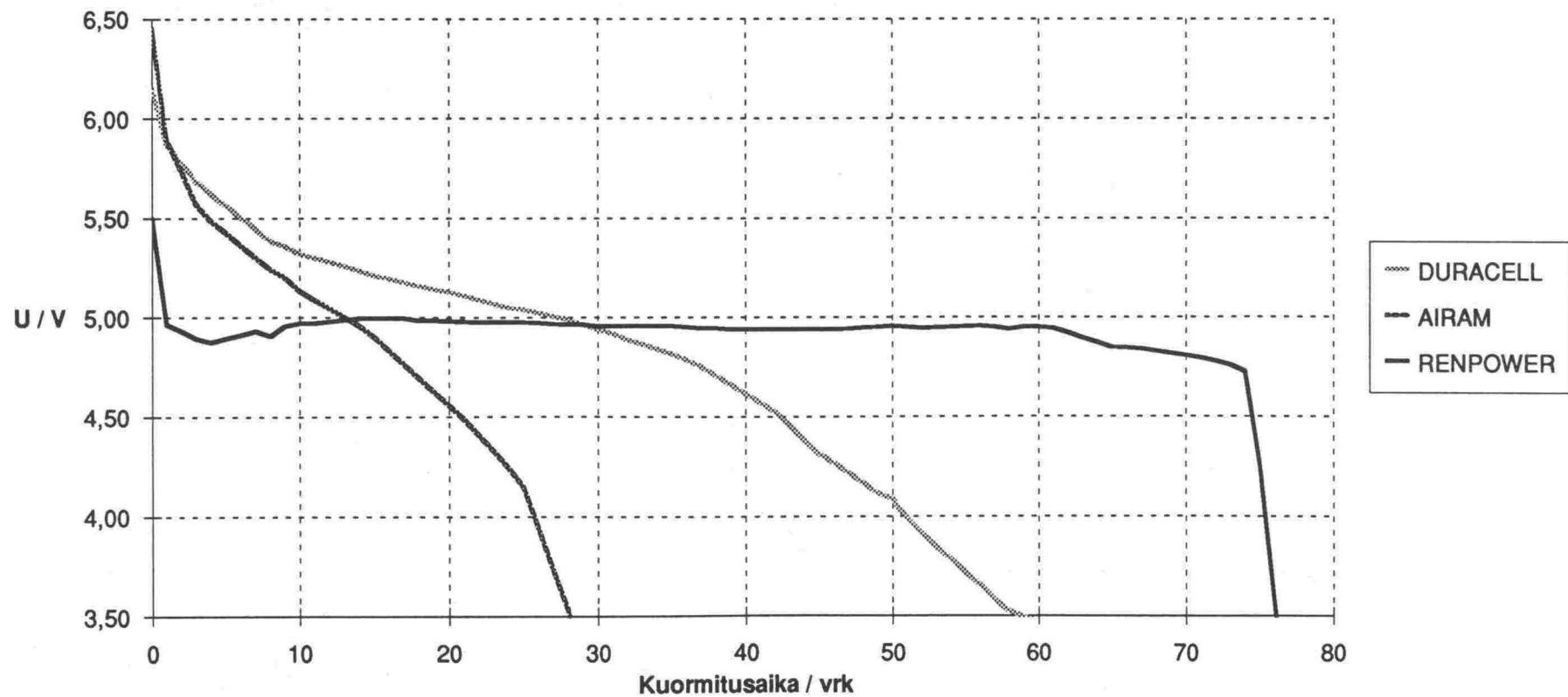


Lämpötila: +5 °C  
Pariston tyyppi : IP26 6'

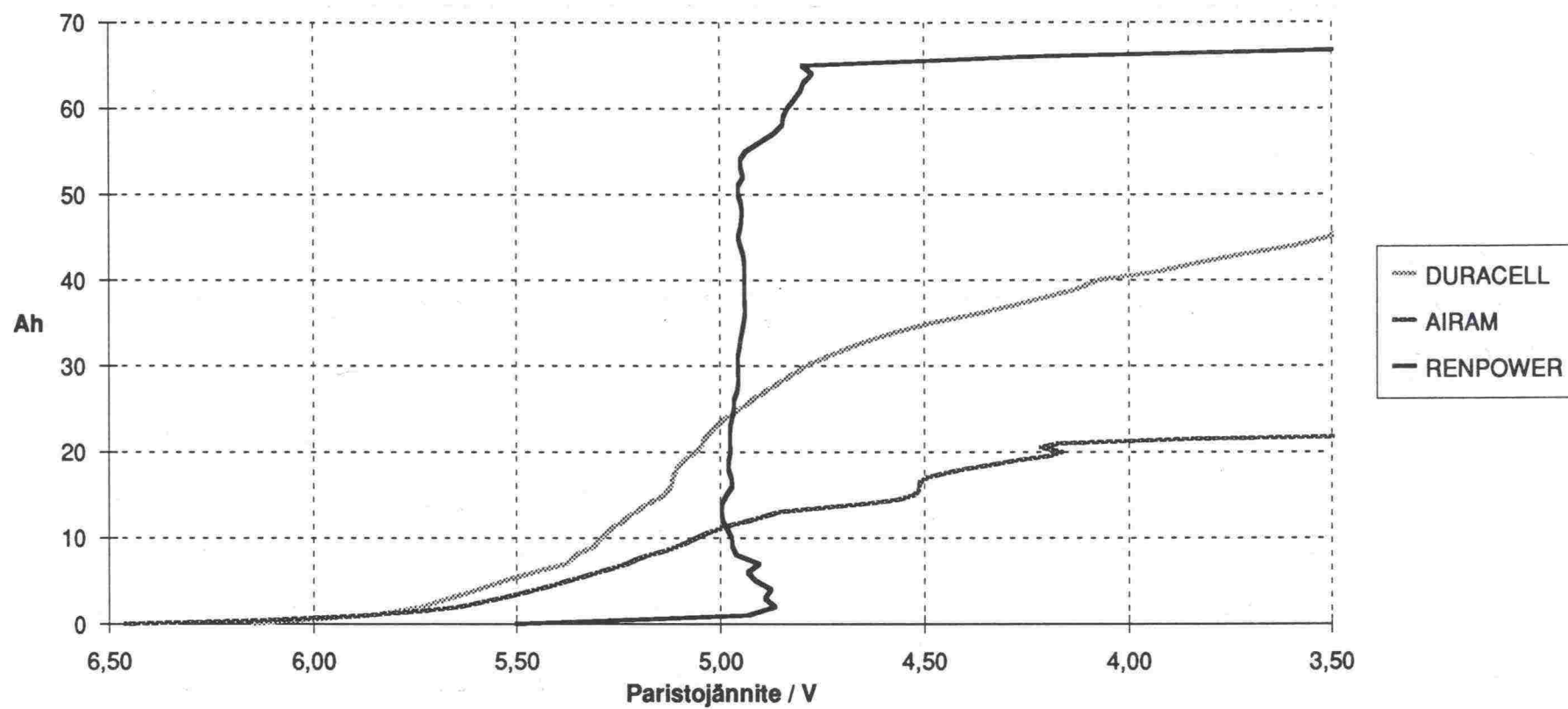


Ympäristön lämpötila: +5 °C

Pariston tyyppi : IP5 6 V / 2kpl Rinnan

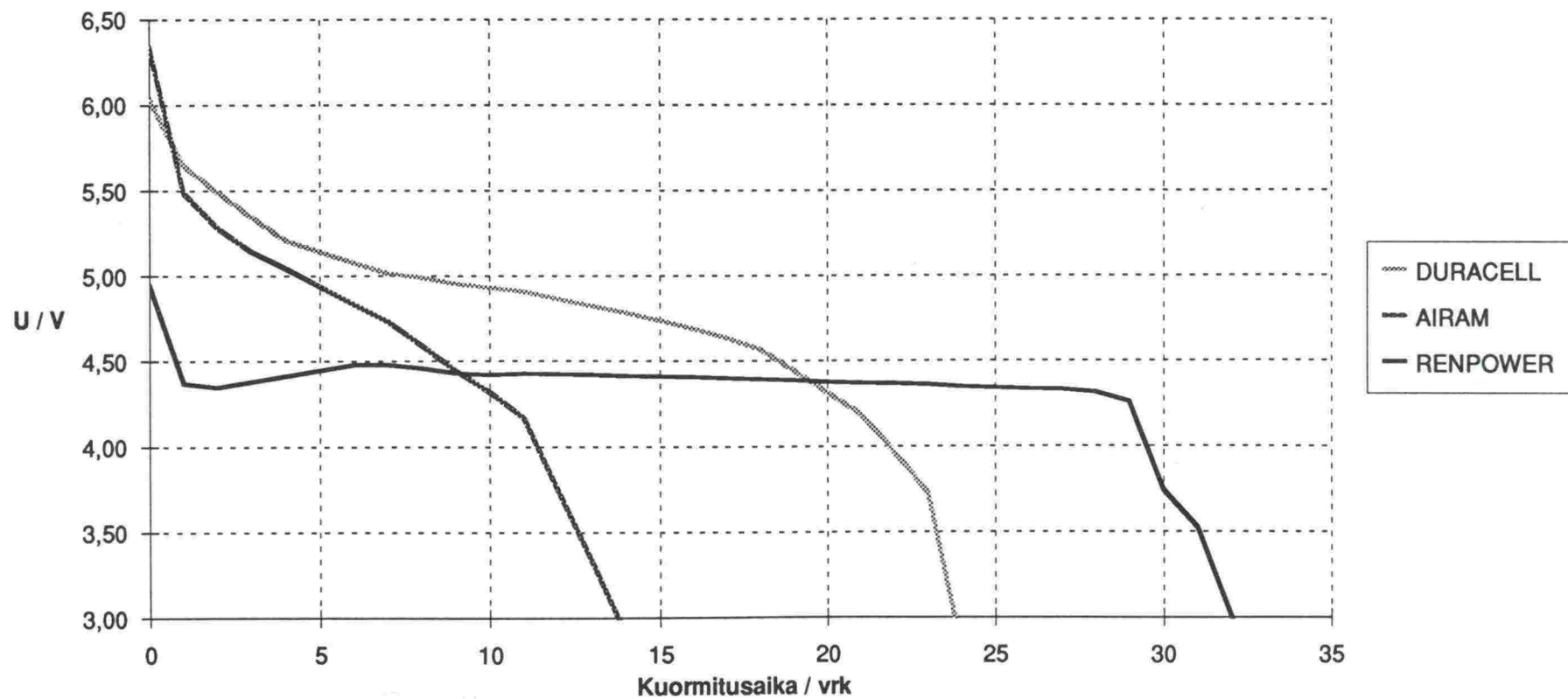


Ympäristön lämpötila: +5 °C  
Pariston tyyppi : IP5 6 V / 2kpl Rinnan



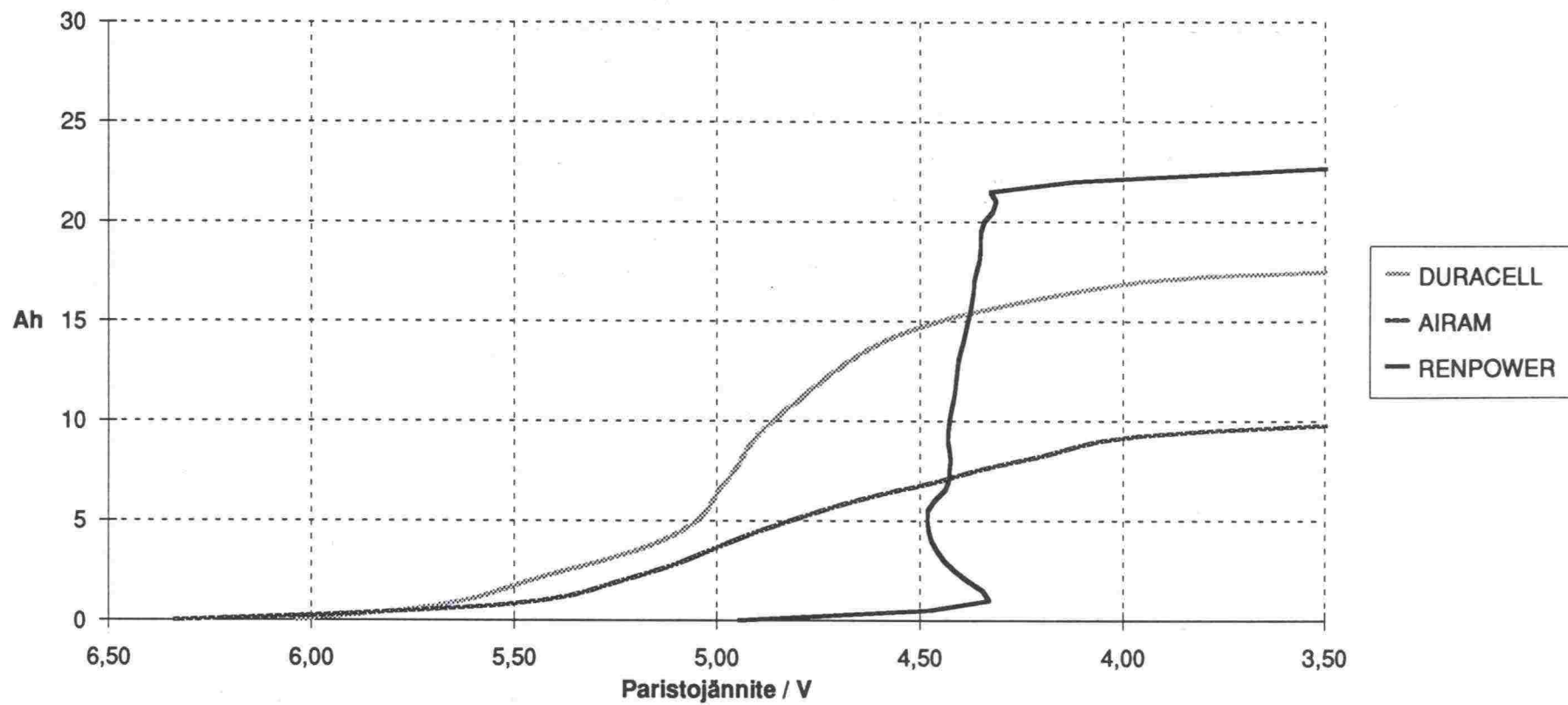


Lämpötila: +5 °C  
Pariston tyyppi : IP5 6 V

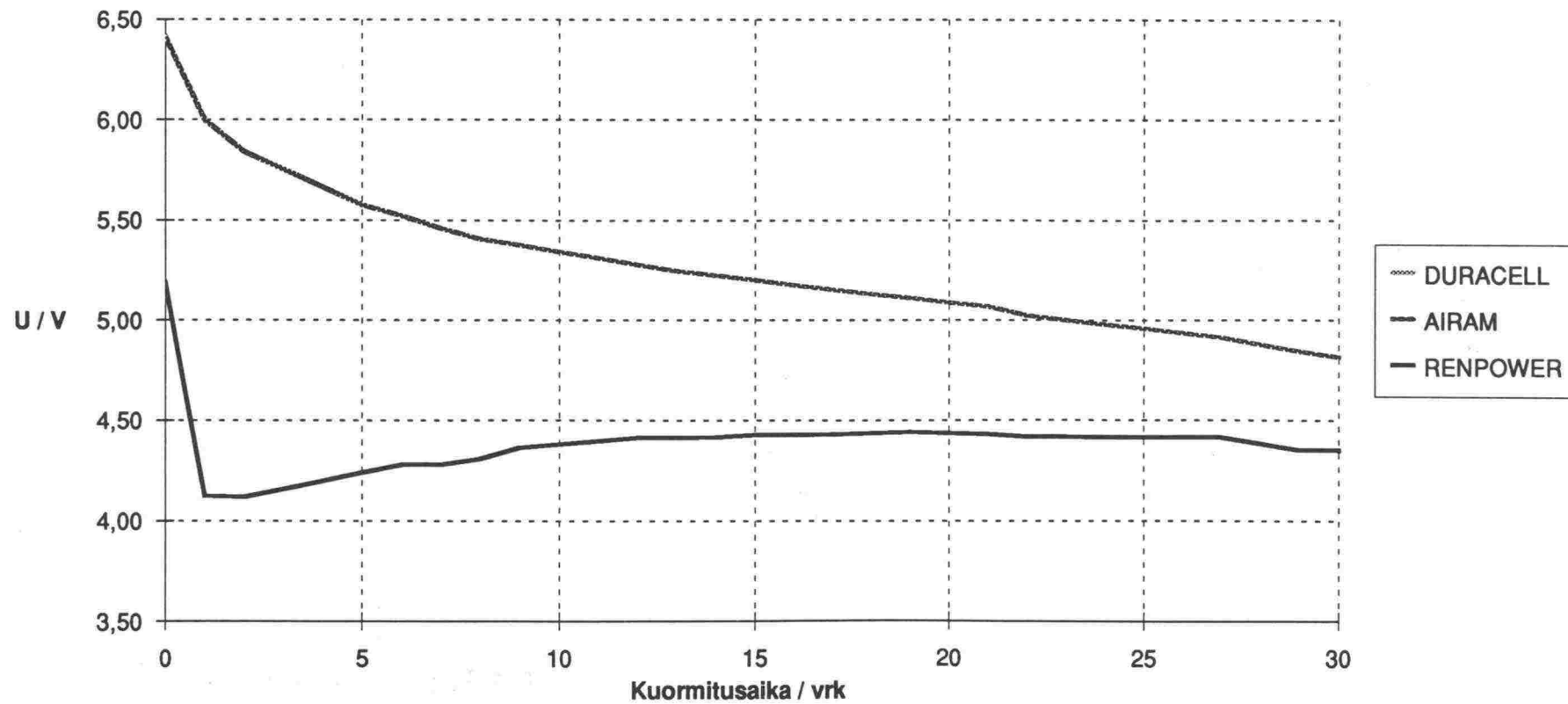




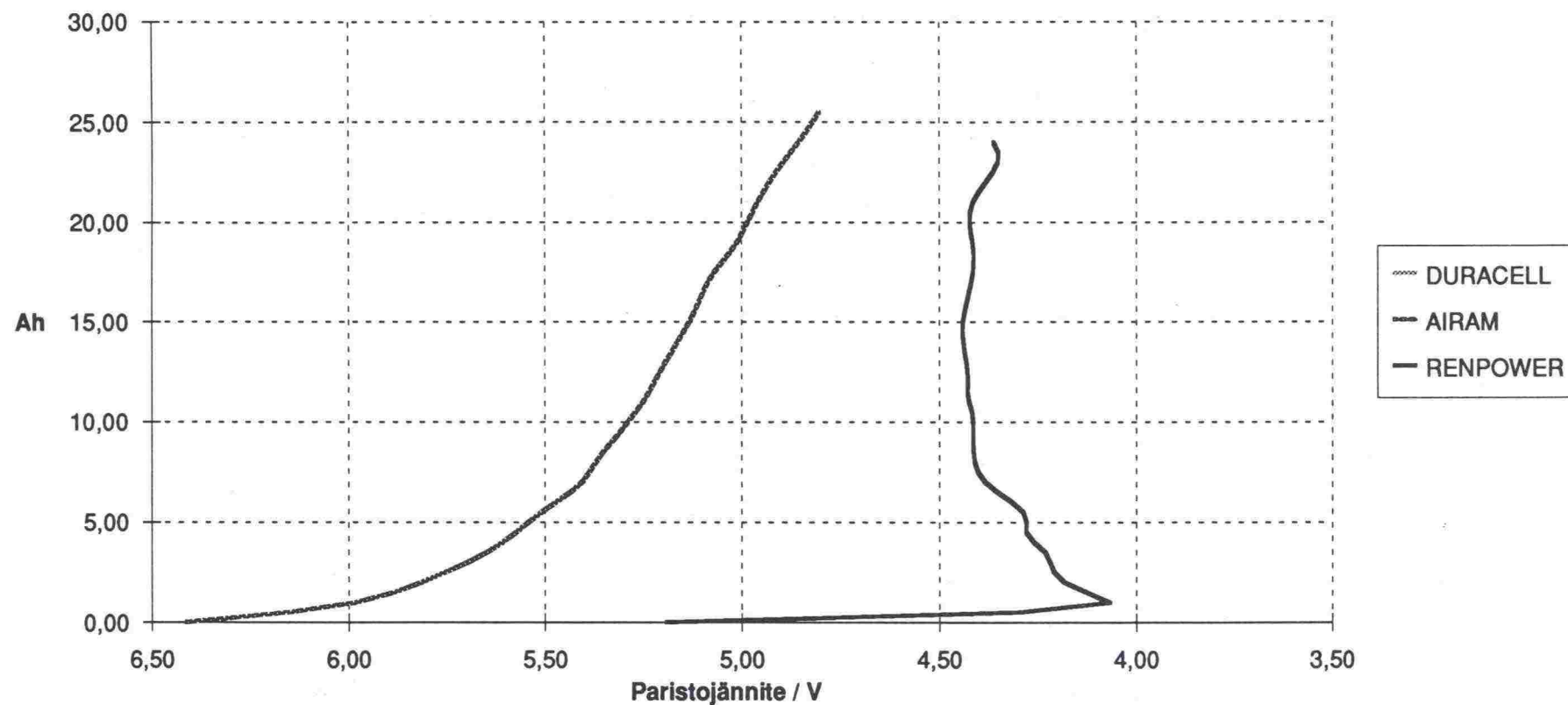
Lämpötila: +5 °C  
Pariston tyyppi : IP5 6 V



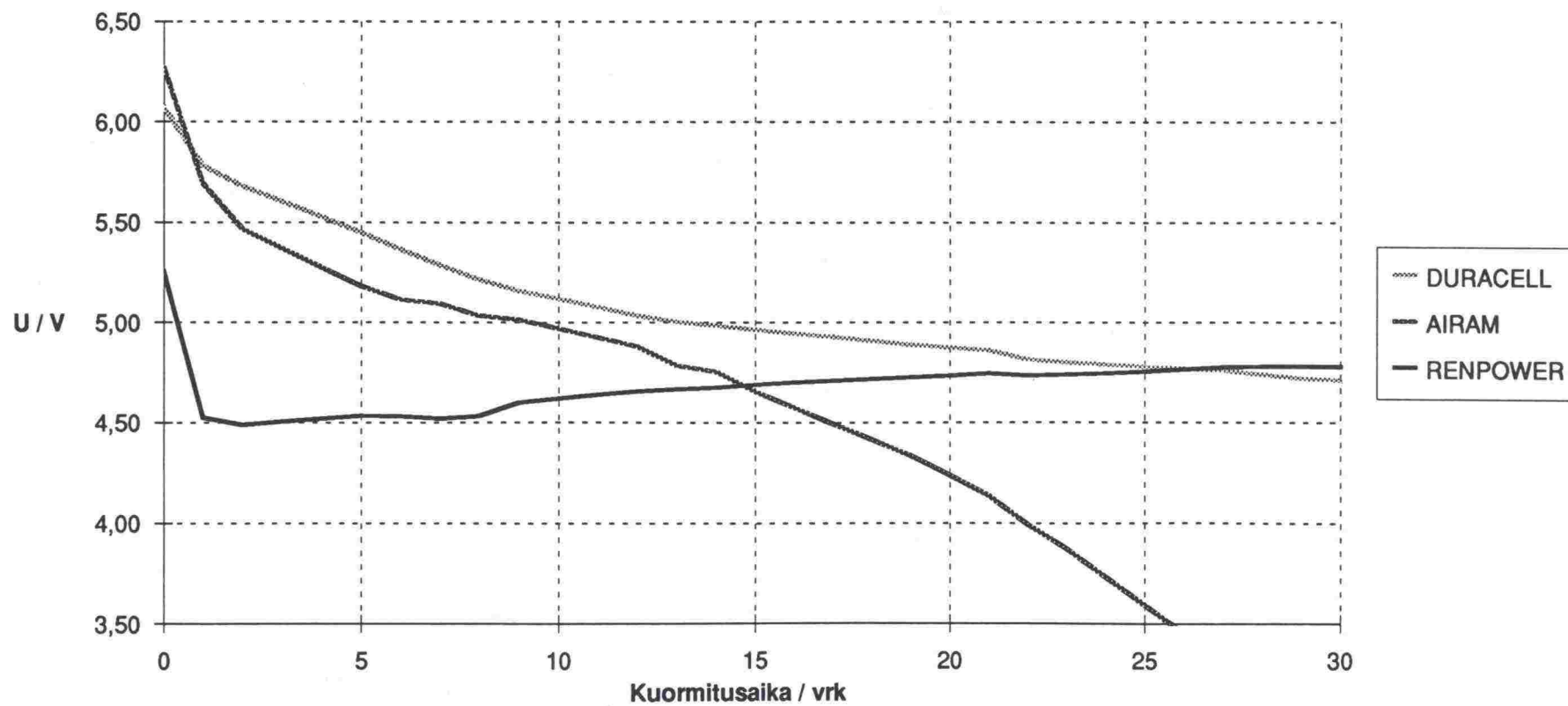
Lämpötila: -10 °C  
Pariston tyyppi : IP26 6 V



Lämpötila: -10 °C  
Pariston tyyppi : IP26 6 V

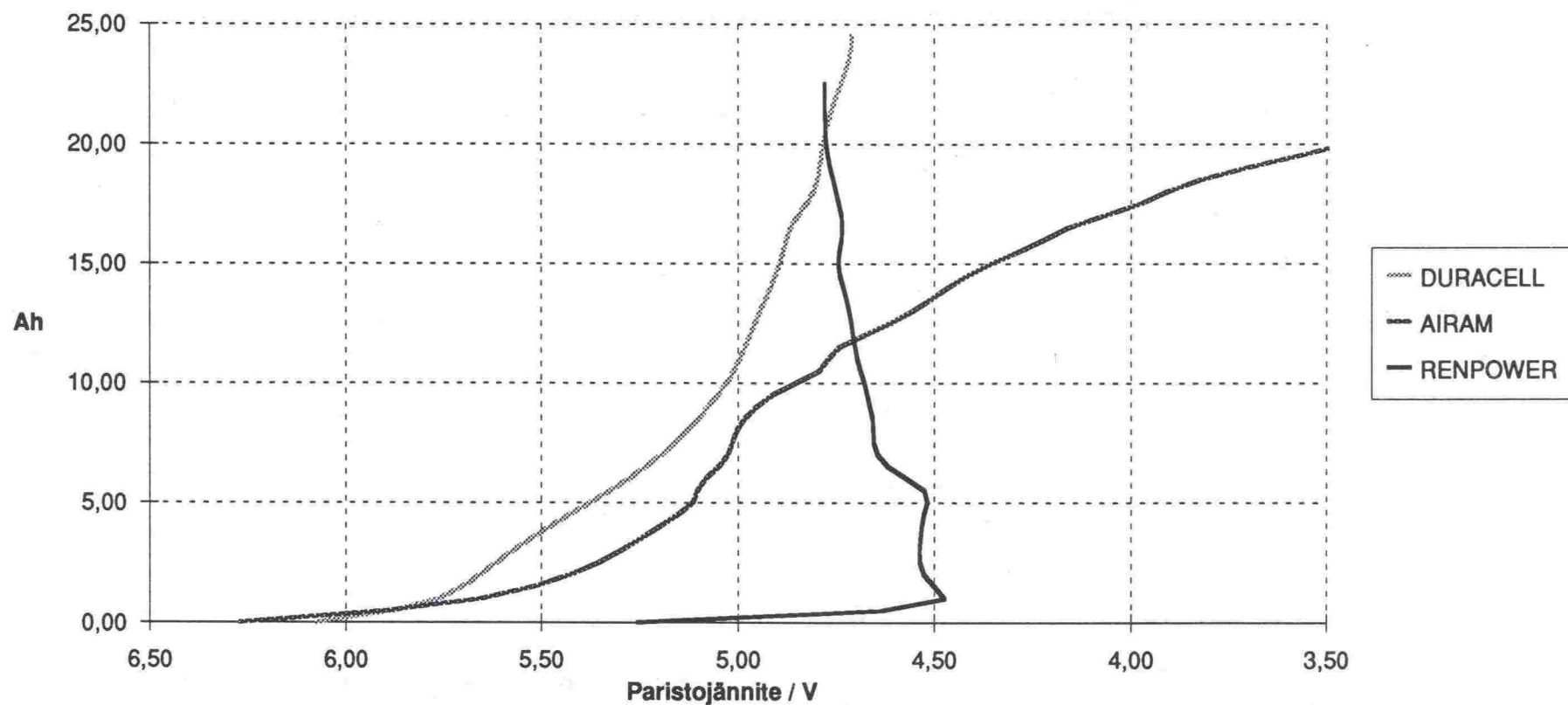


Ympäristön lämpötila: -10 °C  
Pariston tyyppi : IP5 6 V / 2kpl Rinnan

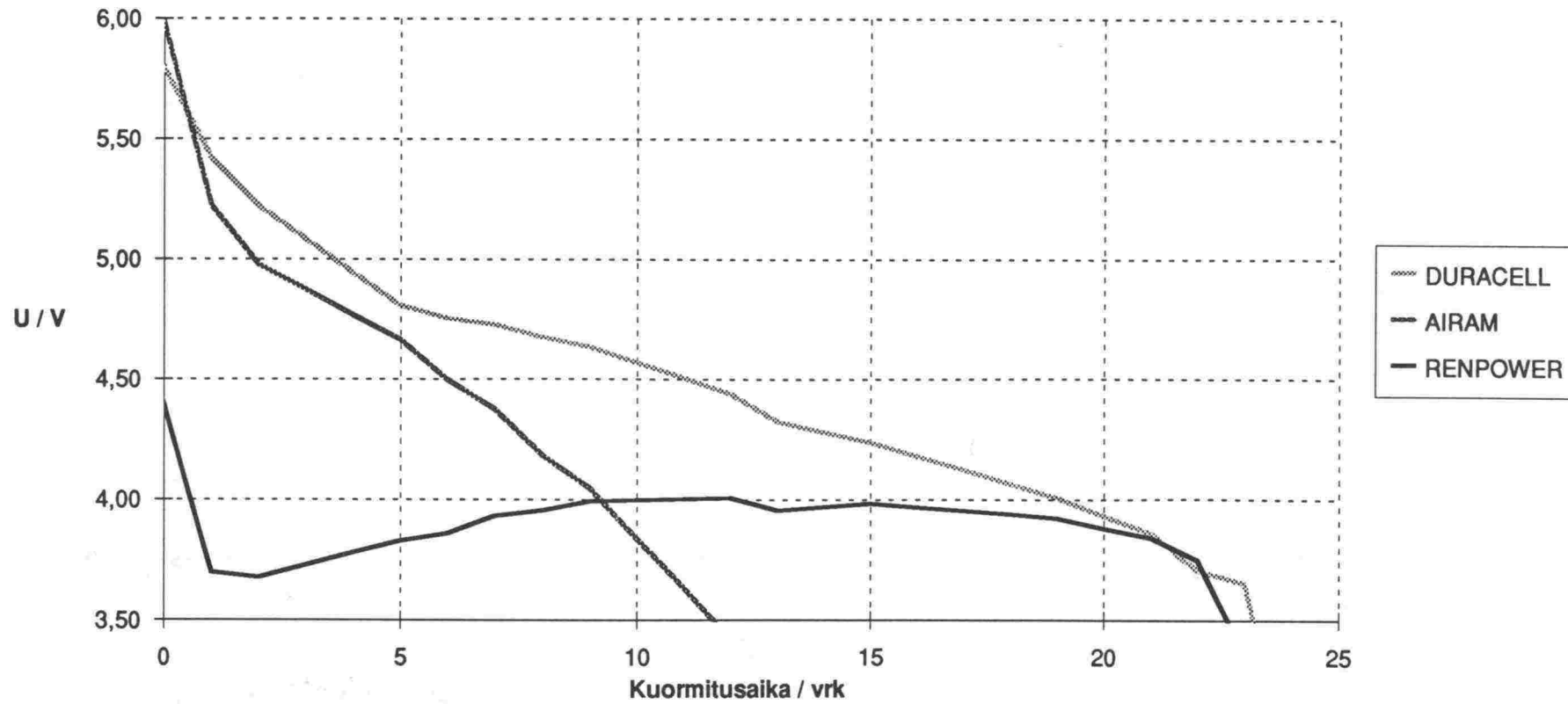


Ympäristön lämpötila: -10 °C

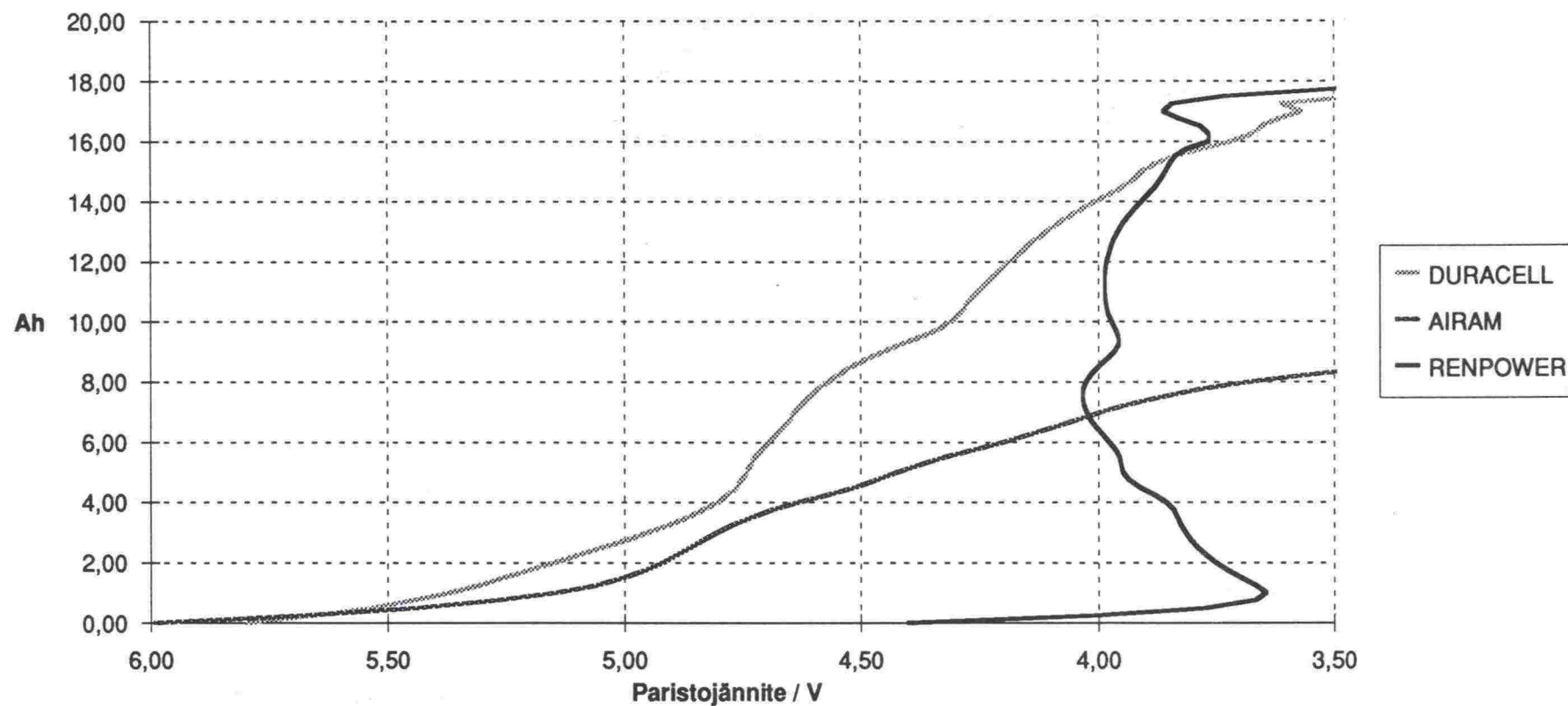
Pariston tyyppi : IP5 6 V / 2kpl Rinnan



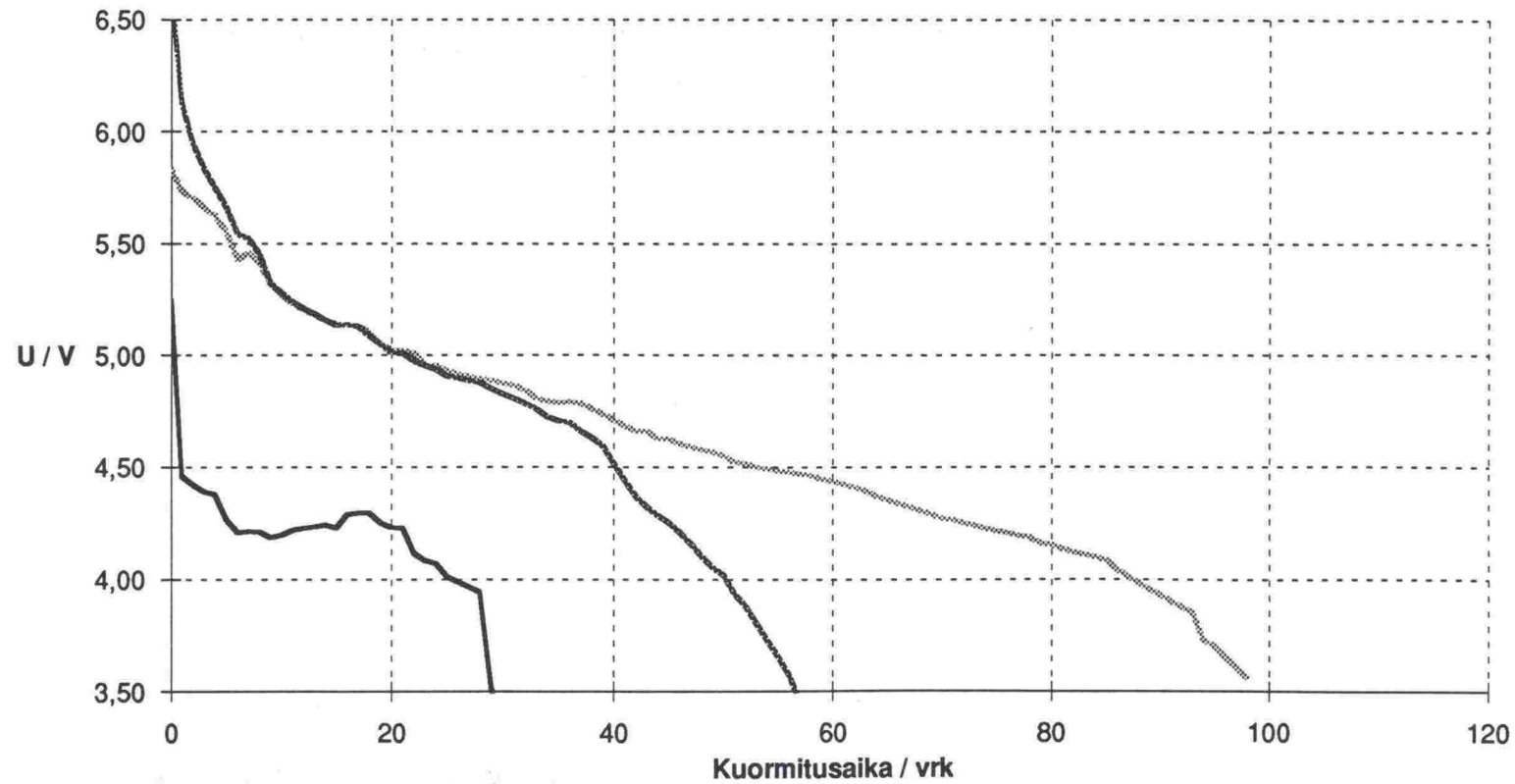
Lämpötila: -10 °C  
Pariston tyyppi : IP5 6 V



Lämpötila: -10 °C  
Pariston tyyppi : IP5 6 V

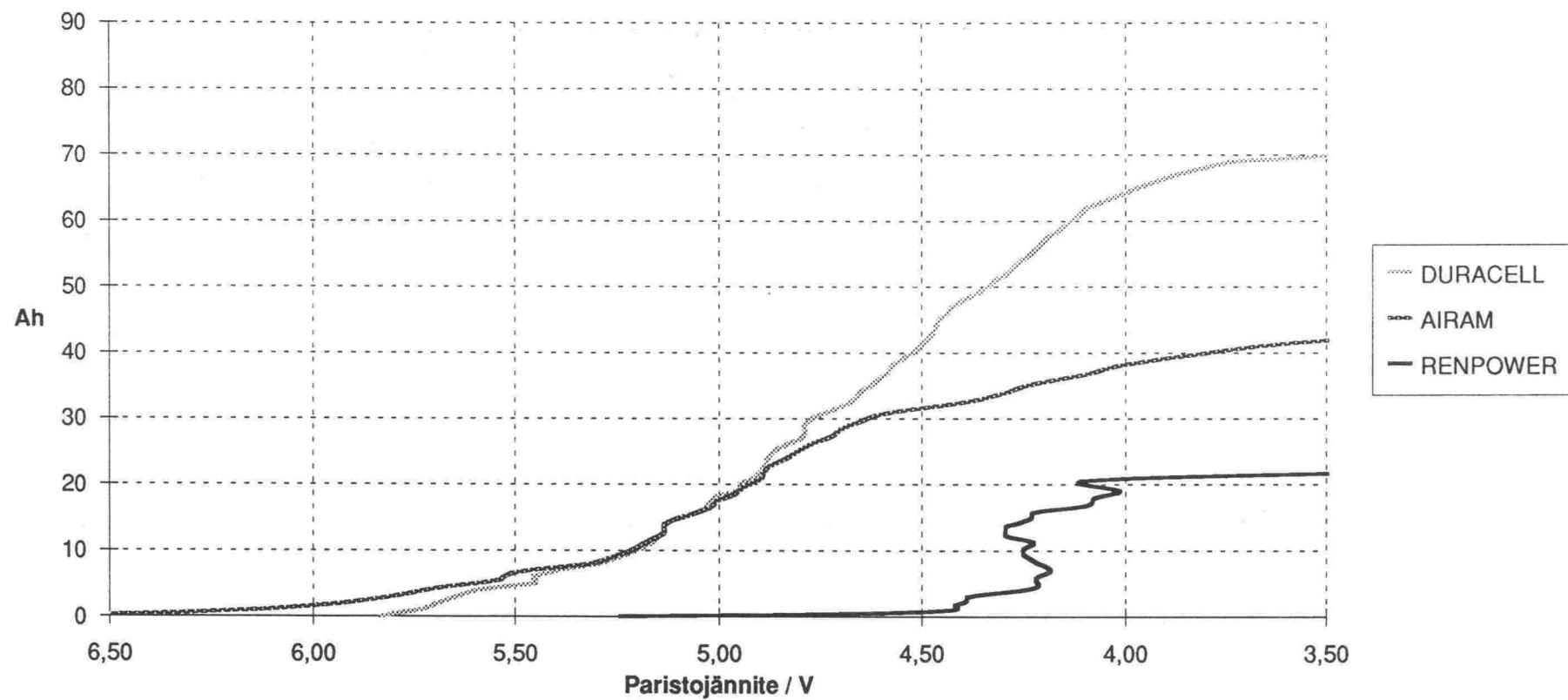


Lämpötila: -20 °C  
Pariston tyyppi : IP26 6 V



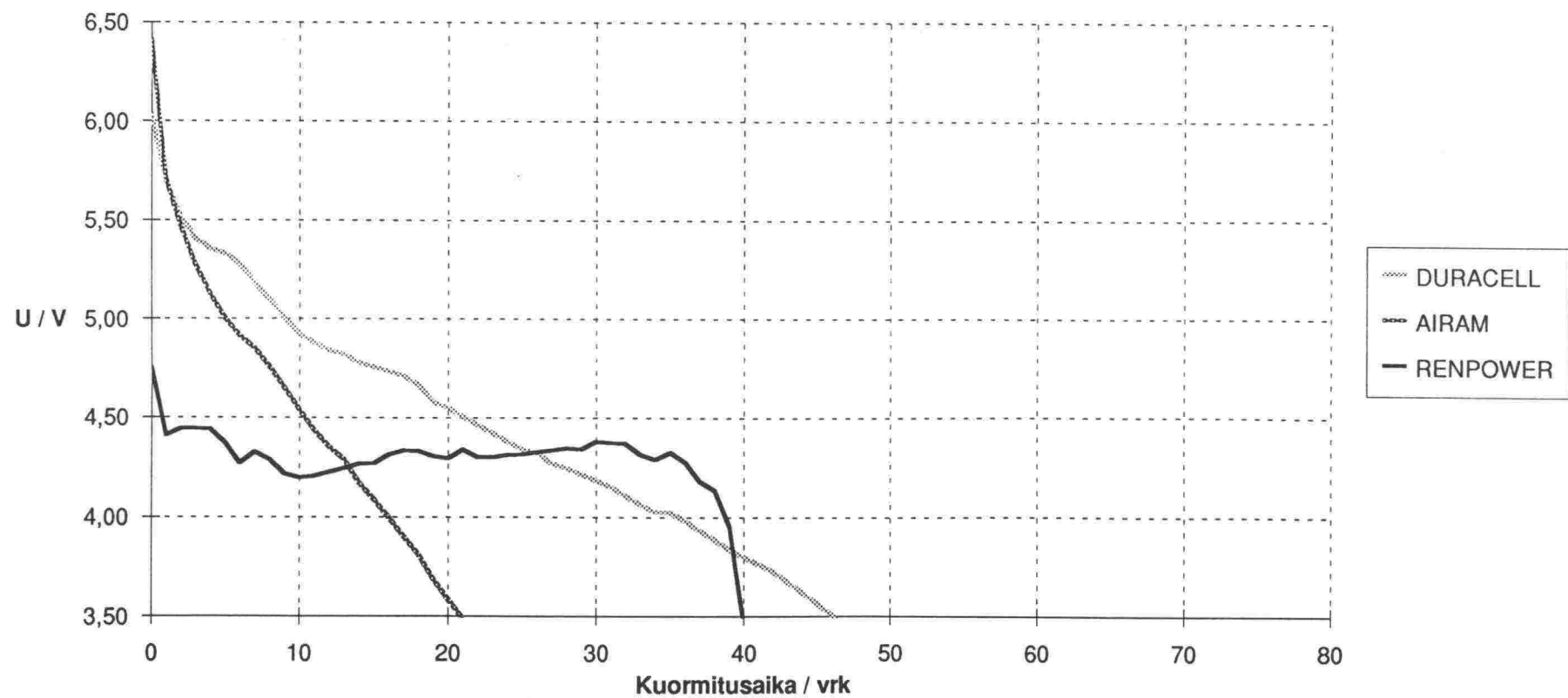


Lämpötila: -20 °C  
Pariston tyyppi : IP26 6 V



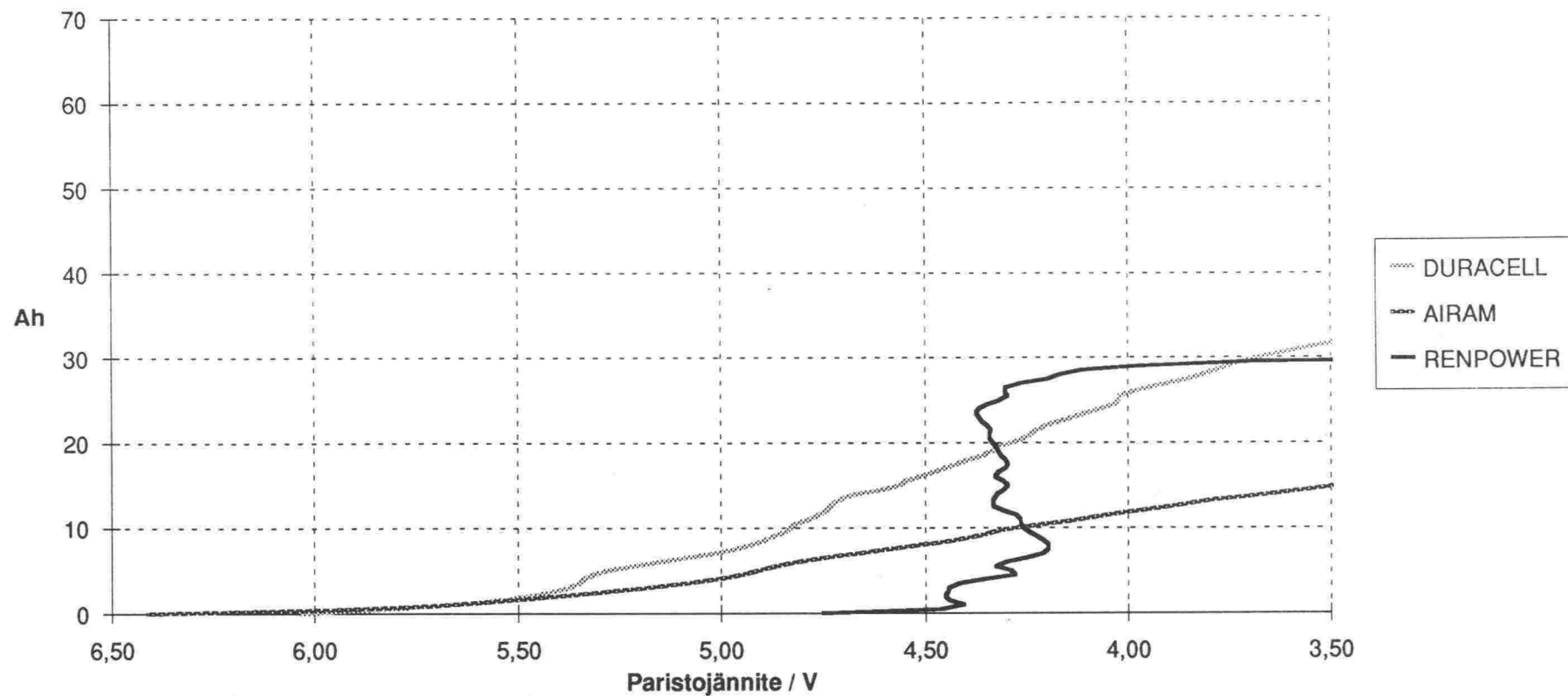
Lämpötila: -20 °C

Pariston tyyppi : IP5 6 V / 2kpl Rinnan

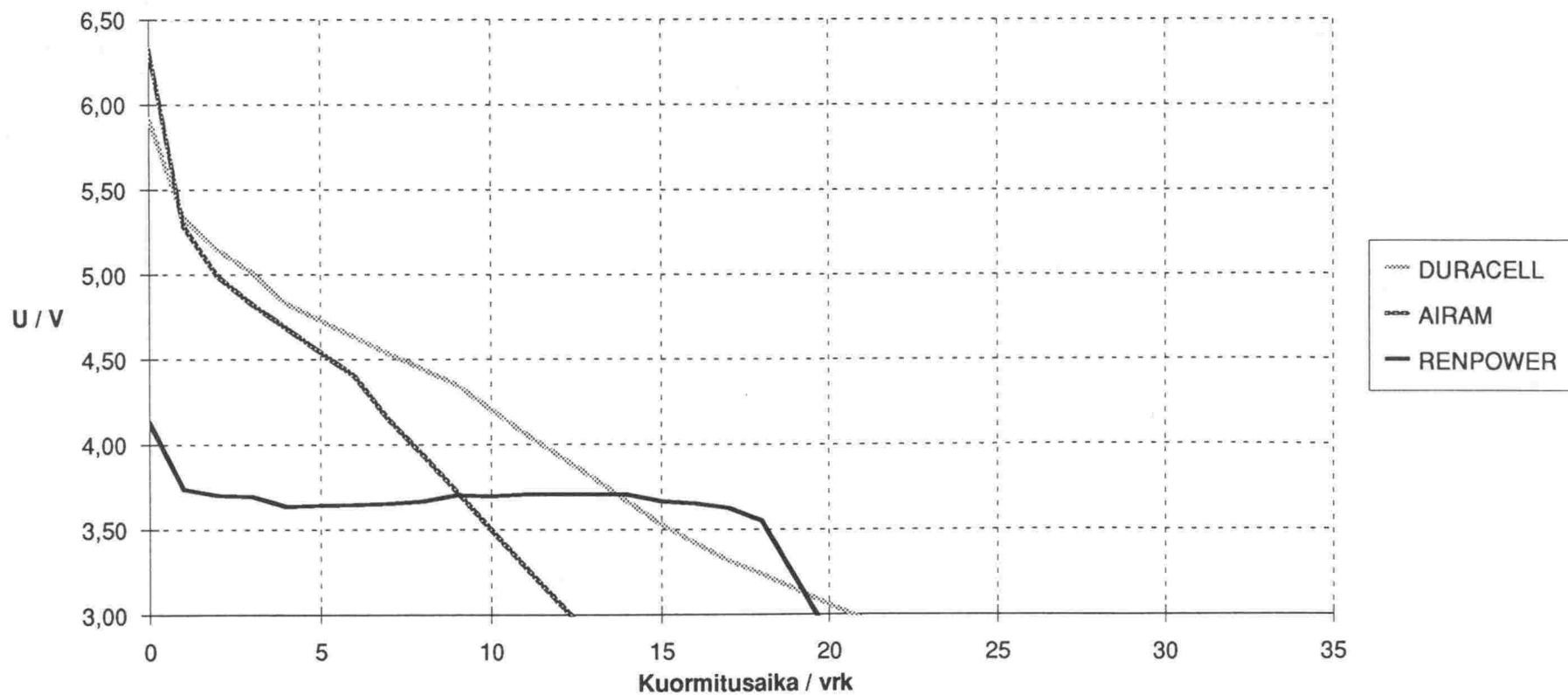


Lämpötila: -20 °C

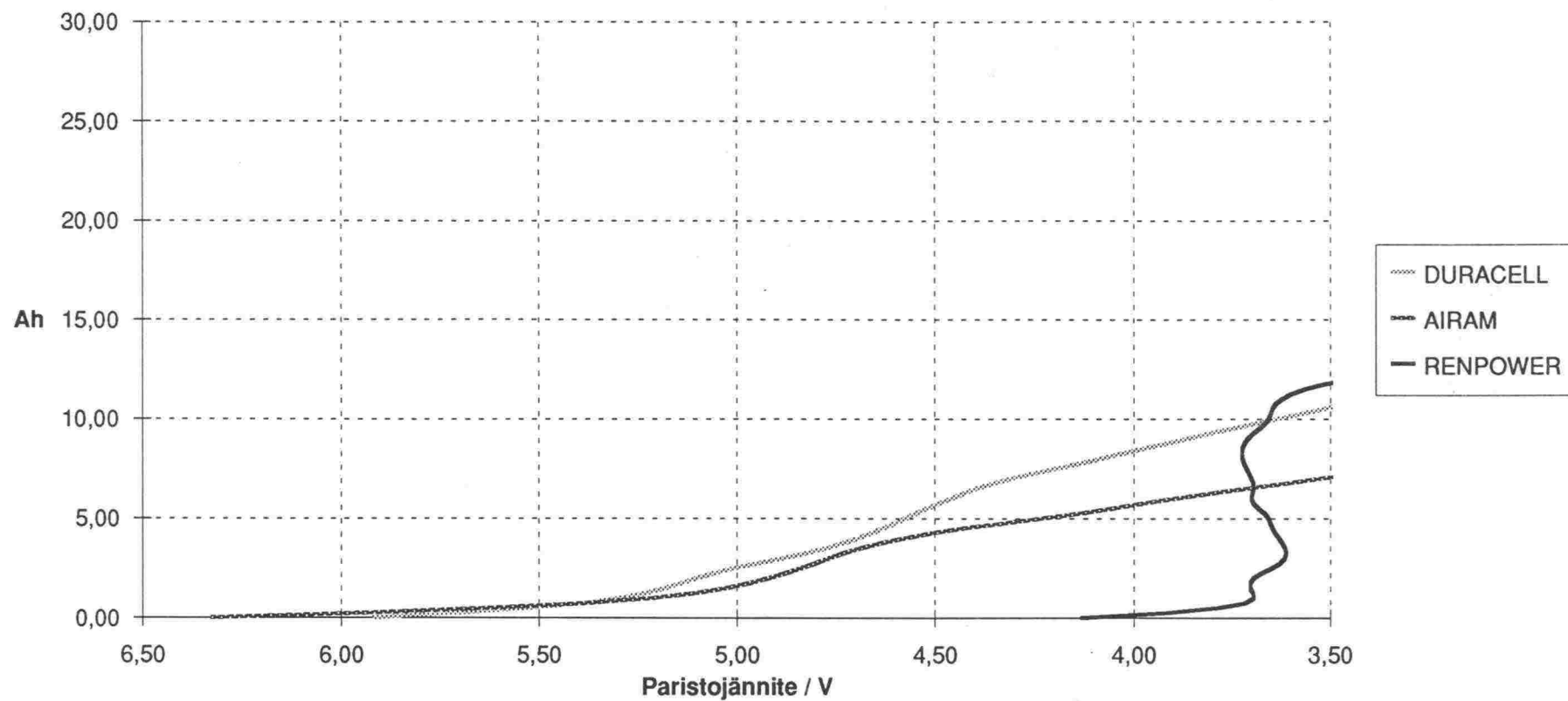
Pariston tyyppi : IP5 6 V / 2kpl Rinnan



Lämpötila: -20 °C  
Pariston tyyppi : IP5 6 V



Lämpötila: -20 °C  
Pariston tyyppi : IP5 6 V



## TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 1/1991 Satelliitteihin perustuvasta paikannusjärjestelmästä. TIEL 3200001
- 2/1991 Autokanta ja liikenne OECD-maissa. TIEL 3200002
- 3/1991 Tiesalaojien toimivuus ja kunnossapito. TIEL 3200003
- 4/1991 Suolauksen vaikutukset tienvarsikasvillisuuteen. TIEL 3200004
- 5/1991 Reunapaalujen vaikutus ajokäyttäytymiseen ja liikenneonnettomuuksiin. TIEL 3200005
- 6/1991 Yleiskaavoituksen ja tien yleissuunnittelun kytkentä. TIEL 3200006
- 7/1991 Teiden esisuunnitelu Pohjoismaissa. TIEL 3200007
- 8/1991 Palvelutasomittareiden seuranta tiensuunnittelussa. TIEL 3200008
- 9/1991 Luonnonolojen seuranta tiensuunnittelussa. TIEL 3200009
- 10/1991 Tielaitoksen laatujärjestelmän kehittäminen; suunnittelun laatujärjestelmä, esiselvitys. TIEL 3200010
- 11/1991 Ympäristövaikutusarviot pääsuuntaselvityksissä. TIEL 3200016
- 12/1991 Selvitys nopeuden alentamiskeinoista taajamateillä. TIEL 3203613
- 13/1991 Selvitys nopeusrajoitusten määrittämisestä ja vaikutuksista. TIEL 3200011
- 14/1991 Jalankulkijan ja pyöräilijän vammautumiset liikennealueilla. TIEL 3200012
- 15/1991 Liikenneinvestoinneista päättäminen; Arvio suunnittelunäkemyksestä. TIEL 3200013
- 16/1991 Paristotyyppin ja ympäristön lämpötilan vaikutus varoitusvilkun toimintaan. TIEL 3200014
- 17/1991 The Effect of Battery Type and Ambient Temperature on the Operation of Warning Flashers. TIEL 3200015E